

고전기저항용 granular film의 자기적 특성과 자구 관찰 (Magnetic properties and domain observation of high electrical resistivity granular film)

창원대학교 나노·신소재공학부 정원정*, 이영민, 이찬규, 구본훈
日本 東北大學校 多元科學物質研究所 Y.Shimada

1. 서론

강자성금속(Ferromagnetic Metal, FM)과 이들 강자성 금속보다도 O, N, C, F등과의 친화성이 높은 금속(Metal, M)인 Al, Si 및 Mg와 X(O, N, C, F)로 구성되는 granular 박막은 FM-X와 M-X사이의 생성자유에너지의 차이에 의해 FM과 M-X로 상분리하는 형태인데 강자성 금속(FM)은 nm정도의 미립자 형태로 석출하여 높은 전기저항을 갖는 비자성 절연물 기지상(M-X)중에 분산된 구조로 되어 있다.

금속계 자성박막에서는 granular 박막의 한계가 $10^3 \mu\Omega\text{cm}$ 이다. granular 박막은 수 nm 정도의 강자성 금속 미립자가 적당한 거리를 두고 있을 때 교환결합 하는 것에 의해 연자성이 실현되고 있다. 전기저항의 상승을 위해 금속미립자의 체적분율을 적게하면, 교환 결합이 없어져 버려 초상자성(Super-paramagnetic)상태가 되어 연자성이 발생치 않게 되기 때문에 전기저항 상승시에는 원리적으로 한계가 있다. 결국 보통의 granular 박막에서는 연자성의 유지와 전기저항의 증가가 서로 양립하지 않기 때문에 원리적으로 높은 저항에는 한계가 있으므로, 전기적으로 절연된 미립자가 각각의 입자들간에 교환결합이 존재하는 않는 상태에서도 연자성적으로 거동할 수 있는 구조의 박막재료의 개발이 필요하다.

2. 실험방법

Granular 박막을 제조하기 위하여 타겟은 FeTaZr과 CoNbZr을 사용하였고, 타겟위에 MgF_2 chip을 얹은 후 RF magnetron sputtering 법으로 박막을 제조하였다. 기판은 1mm 두께의 상용 슬라이드 glass를 사용하였고, 시료는 $10 \times 10\text{mm}$ 크기로 하였다. 초기 진공은 $2 \times 10^{-6}\text{Torr}$ 이하로 하였고, Ar gas 압력은 8mTorr로 하였다. MgF_2 chip 수를 조절하여 packing density(전체 증착비에 대한 FM의 증착비)을 $p=0.2-0.6$ 으로, 시료의 두께는 $0.25 \sim 1\mu\text{m}$ 로 조절하여 a-step으로 측정하였다. 전기저항 측정은 four probe 방식으로 측정한 후 $\rho = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot \frac{V}{I} d$ (d: 두께)의 식으로 resistivity를 구하였다. 자기적 특성은 Vibrating Sample Magnetometer(VSM)으로 최대 10KOe까지 자장에서 in plane 방향으로 측정하였다. 구조분석은 Transmission Electron Microscope(TEM)과 X-ray Diffractometer(XRD)으로 행하였으며, Magneto Optical Indicator film(MOIF)을 통해 자구 및 스핀의 움직임을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림1에서 p가 감소함에 따라 전기저항은 증가하고 있다. 이는 강자성 금속의 체적분율이 낮아지고 절연층(MgF_2)의 분율이 상대적으로 상승하기 때문이다.

강자성 금속의 체적분율이 낮은 시료($p=0.28$)의 자구의 거동을 살펴보기 위하여 MOIF 법을 이용하였다. VSM의 hysteresis loop에서 자장이 변화하는 부분을 선택하여 MOIF image를 얻을 수 있다. 본 실험에서는 자구의 거동은 확인되지 않고 있다. 이는 미립자의 사이즈가 아주 작기 때문이라고 볼 수 있다.

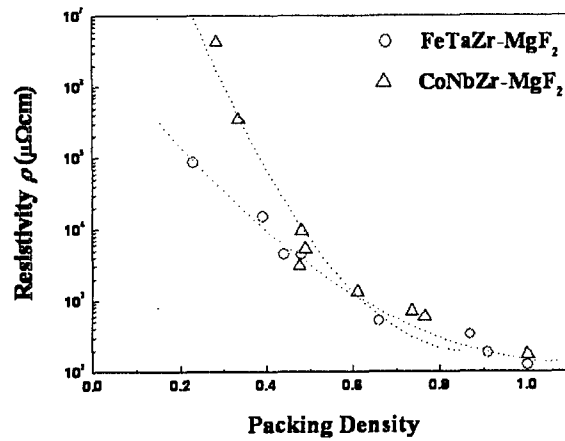


Fig 1. Increase of resistivity for granular films

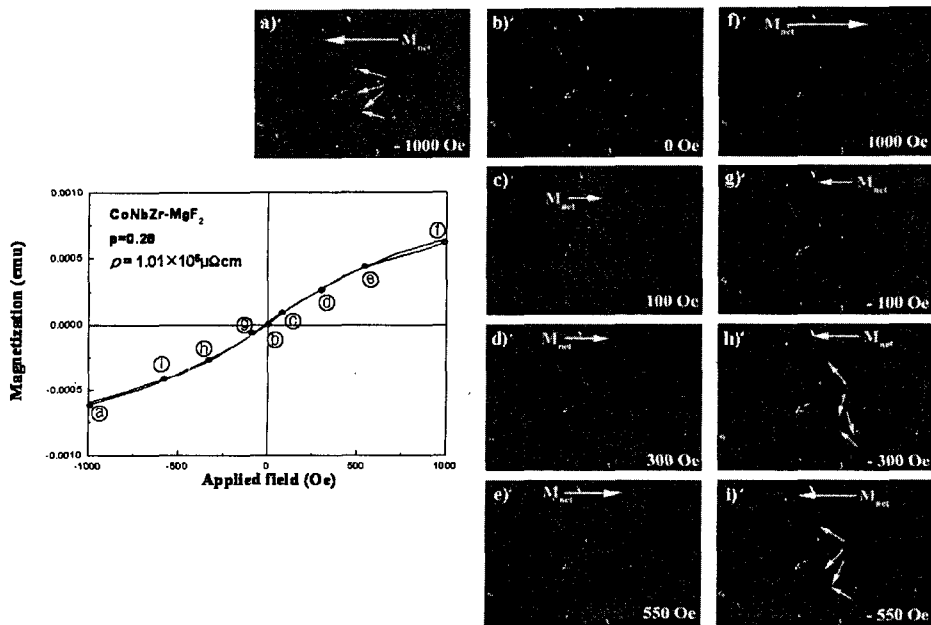


Fig 2. Hysteresis loop and MOIF image of CoNbZr-MgF₂ thin film at p=0.28

4. 결론

Packing density가 낮아질수록 절연층(MgF₂)에 강자성 금속(FeTaZr, CoNbZr)이 아주 작은 미립자 형태로 분산되어 있을 것이라 예상되며, MOIF 관찰시 자구의 거동이 확인되지 않는 것으로 보아 아주 작은 강자성 미립자들이 절연층에 분산되어 전기저항이 상승한다고 볼 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] T. Itoh, et al. J. Magn. Magn. Mat. Vol 272, pp.1419-1420, 2004
- [2] S. Ohnuma, et al. J. Appl. Phys. 82, (2003) 6